

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

**Defective images within this document are accurate representation of
The original documents submitted by the applicant.**

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11046040 A**(43) Date of publication of application: **16.02.99**

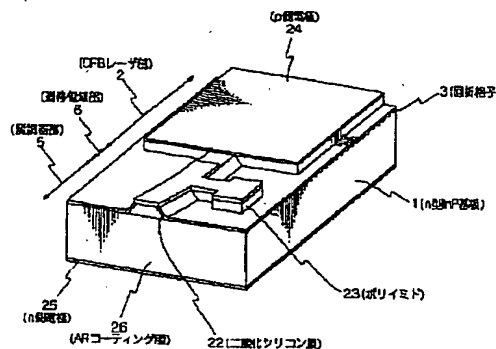
(51) Int. Cl.

H01S 3/18
H01S 3/10(21) Application number: **09198639**(71) Applicant: **NEC CORP**(22) Date of filing: **24.07.97**(72) Inventor: **MORIMOTO TAKUO****(54) OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize rapid long distance optical transfer by reducing the chirping by return light inside an integrated light modulator.

SOLUTION: This optical semiconductor device is divided into three parts which are a DFB(distributed feed back laser part 2, a transient region 6 and a modulator part 5, while a diffraction grating 3 is formed on an n-type InP substrate 1 in the DFB laser part 2. In addition the band gap of the active layer in the modulator part is made smaller than that of the active layer of the DFB laser part 2, so that the DFB laser beams are extinguished by reverse biasing. On the other hand, the transient region 6 is a region wherein the band gap in the active layer is continuously fluctuated. A p-side electrode 24 is formed of the parts separated into the DFB laser part 2 and the modulator part 5. In such a constitution, the optical waveguide of the modulator part 5 is formed into a bent waveguide, whose curvature radius is 1-3 mm.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-46040

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月16日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

3/10

3/10

A

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-198639

(22) 出願日

平成9年(1997) 7月24日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 森本 卓夫

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

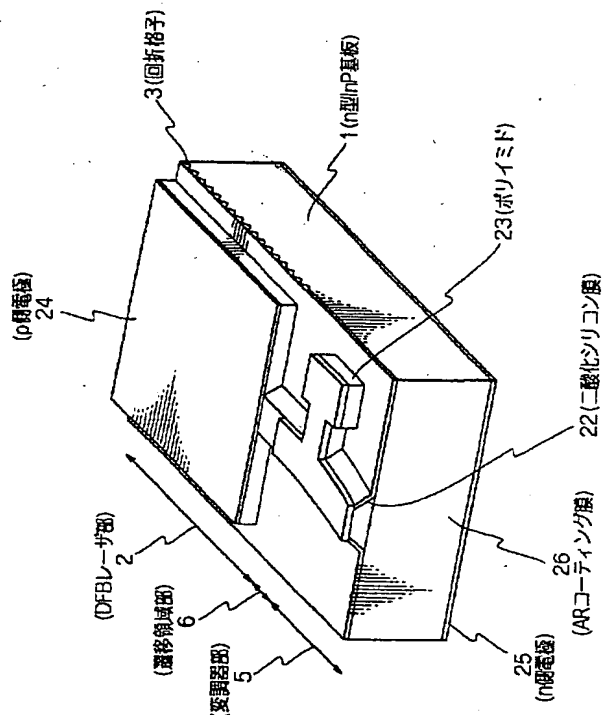
(74) 代理人 弁理士 高橋 勇

(54) 【発明の名称】 光半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 集積型光変調器の内部の戻り光によるチャープイングの発生を低減し、高速、長距離光伝送を実現する。

【解決手段】 DFBレーザ部2、遷移領域部6、変調器部5に分けられ、DFBレーザ部2では、n型InP基板1上に回折格子3が形成されている。変調器部5の活性層は、DFBレーザ部2の活性層よりバンドギャップが小さく、逆バイアスをかけることにより、DFBレーザ光を消光させることができるようになっている。遷移領域部6は、活性層のバンドギャップが連続的に変わっていく領域である。p側電極24は、DFBレーザ部2と変調器部5とに分離されて形成されている。変調器部5の光導波路が曲がり導波路となっている。この曲がり導波路の曲率半径は、1～3mmである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回折格子構造を有する光半導体装置において、

光導波路の両方の端面は互いに平行な劈開面であり、一方の前記端面と前記光導波路とは互いに垂直であり、他方の前記端面と前記光導波路とは互いに垂直でない、ことを特徴とする光半導体装置。

【請求項2】 半導体レーザと光変調器とを集積化した光半導体装置において、

前記半導体レーザの部分では光導波路がその端面に対して垂直であり、

前記光変調器の部分では光導波路がその端面に対して垂直でない、

ことを特徴とする光半導体装置。

【請求項3】 前記光変調器の部分の光導波路のみが曲がっている、請求項2記載の光半導体装置。

【請求項4】 前記半導体レーザの部分と前記光変調器の部分との両方で光導波路が湾曲している、請求項2記載の光半導体装置。

【請求項5】 前記光導波路の曲がり方が基板と水平方向にある、請求項3又は4記載の光半導体装置。

【請求項6】 前記光導波路の曲がり方が基板と垂直方向にある、請求項3又は4記載の光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回折格子構造を有する光半導体装置に関し、特に、集積型光変調器等の光半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】40km～600kmの光ファイバ通信長距離伝送では、低損失の1.55μm帯の光が用いられる。しかし、一般に敷設されているファイバは、1.3μmで分散が0となるノーマルファイバであるため、1.55μm帯では分散の影響を受ける。分散の影響を受けなくするためには、変調時の波長スペクトル広がりすなわちチャージングを低く抑える必要がある。そこで、直接変調の半導体レーザを用いる代わりに、一定の半導体レーザ光を外部で消光させる外部変調方式が用いられる。

【0003】ここでの半導体レーザは、回折格子を内蔵した分布帰還型レーザと呼ばれるものである。通常DFB(Distributed Feedback)レーザと呼ばれ、発振波長は回折格子によって決まるため、発振波長スペクトルは単一モードとなる。この発振波長は、半導体レーザの活性層の屈折率に依存するため、活性層のキャリア密度が変動すると、それに伴って変動する。外部変調方式においても、変調器から半導体レーザに光が戻ると、半導体レーザ内の光密度の揺らぎによりキャリア密度が揺らぐため、チャージングが発生する。これを防止するため、半導体レーザと変調器の間には、

アイソレータを挿入する必要がある。又は、特開平6-11670号公報に記載されている「光強度変調素子および光強度変調器」のような手段が発案されている。

【0004】このような単体変調器に対して、近年においては、半導体レーザと光変調器とをモノリシックに集積した集積型光変調器が開発されている。集積することにより、装置が小型になるだけでなく、半導体レーザから変調器までの間の光の損失も低減される。しかし、モノリシックであるため、変調器部分から半導体レーザ部への戻り光対策はより重要であり、通常これを回避するために、変調器の射出端面をウィンドウ構造とした上でARコーティング膜を施すという手段を講ずる。これは、例えば、第8回インターナショナル コンファレンス オン インジウム フォスファイド アンド リレーテッド マテリアルズの論文番号ThA2-1、Y. Sakata, et al., "Strained MQW-BH-LDs and integrated devices fabricated by selective MOVPE", (8th Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, paper ThA2-1 (1996))などで述べられている。以下、図面を参照して詳細に説明する。

【0005】この種の従来の集積型光変調器は、斜視図で示すと図6のようになっている。この製造工程を、図7、図8、図9に示す。

【0006】最初に、表面の面方位が(100)面のn型InP基板1上の、長さ400μmのDFBレーザ部2に、(011)面に平行な溝がピッチ243nmで並んでいる回折格子3を形成する。次に、間隙が1.8μmの2対の二酸化シリコン膜4のストライプマスクを形成する。この二酸化シリコン膜4の幅は、DFBレーザ部2で10μm、変調器部5で4μmであり、変調器部5のDFBレーザ部2の反対側の端30μmの部分においては、2対の二酸化シリコン膜4が閉じる形状とする。変調器部5の長さは250μmであり、変調器部5とDFBレーザ部2の間には二酸化シリコン膜4の幅が連続的に変化する遷移領域部6が50μmの長さで挿入されている。この二酸化シリコン膜4は、有機金属気相成長(以下、「MOVPE」という。)での成長阻止マスクとなる。このマスク幅をDFBレーザ部2と変調器部5とで変化させることにより、MOVPEによる多重量子井戸構造(以下、「MQW」とよぶ。)の遷移準位を変化させることができる。

【0007】このMOVPEの選択成長では、InPとInGaAsPとのエピタキシャル成長を行う。このとき、原料ガスは、トリメチルインジウム(以下、「TMI」という。)、トリメチルガリウム(以下、「TMG」という。)、アルシン(以下、「AsH₃」という。)、フォスフィン(以下、「PH₃」という。)を

用い、有機金属は、水素のバブリングにより供給する。ドーピングについては、適宜、ジシラン（以下、「Si₂H₆」という。）、ジメチルジシラン（以下、「DMZn」という。）を水素で希釈したガスを用いる。また、成長圧力は、100 Torrとする。

【0008】二酸化シリコン膜4形成後、図10のような層構造で、MO-VPE選択成長を行う。まず、1.13 μ m組成のn-InGaAsPガイド層7に始まって、n-InPスペーサ層8、1.2 μ m組成のn-InGaAsP SCH層9、歪MQW層10を順次成長する。歪MQW層10は、8層の圧縮歪InGaAsPウェル層11とその間に1.2 μ m組成のInGaAsPバリア層12がはさまれた構造となっており、遷移波長は、DFBレーザ部2で1.56 μ m、変調器部5で1.47 μ mである。その上に、1.2 μ m組成のInGaAsP SCH層13、InGaAsP中間層14、p-InGaAsP SCH層15、p-InPクラッド層16を成長する。ここで、p側のSCH層を、1.2 μ m組成のInGaAsPからInPまで、徐々にバンドギャップを変えていくことにより、変調器で発生したホールキャリアをp側電極24へ速やかに引き抜くようにする。このようにして、図7のような選択成長形状が得られる。MO-VPEでは、(111)B面の成長速度が遅いため、一般に、選択成長側面には、(111)B面が形成されるが、変調器部5出射部のウィンドウ部17の側面は、(111)A面が形成される。

【0009】次に、選択成長リッジ部18の両脇1 μ mの二酸化シリコン膜4を除去する。ウィンドウ部17においても全体の抜け幅が等しくなるように、二酸化シリコン膜4を除去する。その上で、p-InP埋込み層19、p-InGaAsPコンタクト層20、p-InGaAsPコンタクト層21を成長する。そして、図8のように、リッジ部以外の平坦成長部のエッジを除去する。

【0010】次に、遷移領域部6のp-InGaAsPコンタクト層20、p-InGaAsPコンタクト層21を除去し、DFBレーザ部2、変調器部5の選択成長上面でのみ開口した二酸化シリコン膜22を図9のように形成する。

【0011】次に、ポリイミド23を選択成長の上面が露出するように形成し、p側電極24をDFBレーザ部2及び変調器部5に形成する。次に、裏面研磨を行って、ウェハの厚さを120 μ mにしてから、n側電極25を形成する。

【0012】最後に、端面劈開を行い、図6のように、変調器部5側の端面にシリコン窒化膜からなるARコーティング膜26を施す。DFBレーザ部2側の端面は二酸化シリコン膜/アモルファスシリコン膜/二酸化シリコン膜の3層コーティングにより、75%の端面反射率を得るようにする。

【0013】以上の工程により作成された、ウィンドウ

部17+ARコーティング膜26の構造により、変調器部5端面の反射率は、0.04%以下にすることができる。1996年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会講演論文集の論文番号C-311の青木他「電界吸収型光変調器集積DFBレーザにおける前端面光反射の伝送特性に与える影響」で述べられているように、0.04%以下の前端面反射率とすれば、2.48832Gb/sの500km伝送を行うことができる。しかし、10Gb/sでは、よりチャージングの影響が大きくなるため、この程度の戻り光抑制では、80km程度までしか伝送距離をのばすことができない。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従来の技術においては、光ファイバの波長分散の制限により、10Gb/sの伝送距離を80km以上にのばすことができない。その理由は、変調器からDFBレーザへの戻り光により、DFBレーザの活性層の光密度が変動し、これによりキャリア密度が変化し、さらに、屈折率が変化するため、回折格子で決まるDFBレーザの発振波長が変動するためである。このような変動は、DFBレーザが持つ緩和振動周波数と呼ばれる周波数で起きるため、伝送ビットレートが緩和振動周波数に近づけば、より大きな影響をもたらす。通常、DFBレーザの緩和振動周波数は10GHz程度なので、10Gb/s伝送では、チャージングを非常に小さく抑えなければ、長距離伝送を行うことができない。

【0015】また、Dispersion Compensation Fiber (DCF) を挿入することによって、分散を補償する方法もあるが、このDCFファイバは、装置が大型化し、きわめて大きなコストアップになるという欠点がある。

【0016】

【発明の目的】本発明の目的は、集積型光変調器の内部の戻り光によるチャージングの発生を低減し、高速、長距離光伝送を実現することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、回折格子を有する光半導体装置において、光導波路を曲げて、一方の端面では、端面と光導波路とが垂直になるようにし、他方の端面では、端面と光導波路との角度が垂直からずれるようにしたものである。

【0018】また、上記光半導体装置において、変調器と分布帰還型半導体レーザとをモノリシックに集積化したものであり、光導波路と端面とが垂直となっている側に、分布帰還型半導体レーザを配置し、光導波路と端面とが斜めに傾いている側に変調器を配置したものである。

【0019】光導波路をチップ内の途中で曲げることに、一方の端面では、光導波路と端面を垂直に、他方の端面では、光導波路と端面を斜めにすることができ

る。集積型光変調器では、均一グレーティングDFBレーザの後端面は高反射に、変調器側の出射端面は極低反射にする必要があるが、このような曲がり導波路を挿入する手法で、この非対称反射を実現することができる。斜め導波路では、端面で反射された光が元の導波路に戻らないため、実質的に低反射にすることができる。

【0020】集積型光変調器では、高速化、長距離化に伴い、変調器からDFBレーザへの戻り光抑制が大きな課題となる。上で述べた変調器出射端面での斜め導波路化は、ウィンドウ構造、ARコーティングと組み合わせることにより、変調器からDFBレーザへの戻り光を、0.01%以下に抑えることができるようになる。戻り光が0.01%以下に抑えられ、戻り光に起因するチャージングは無視できるようになり、10Gb/s、200km伝送が、達成される。

【0021】曲がり導波路とした場合、その曲率半径が小さすぎれば、導波損が生じ、出力パワーが低下してしまうという問題がある。これは、活性層幅が1.5μm以上の時は、曲率半径を2mm以上とし、また、活性層幅が1μm以上の時は、曲率半径を5mm以上とすれば、全く問題とならない。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1実施形態を示す斜視図である。

【0023】図1を参照すると、集積型光変調器の素子構造は、大きく、DFBレーザ部2、遷移領域部6、変調器部5に分けられ、DFBレーザ部2では、n型InP基板1上に回折格子3が形成されている。変調器部5の活性層は、DFBレーザ部2の活性層よりバンドギャップが小さく、逆バイアスをかけることにより、DFBレーザ光を消光させることができるようになっている。遷移領域部6は、活性層のバンドギャップが連続的に変わっていく領域である。p側電極24は、DFBレーザ部2と変調器部5とに分離されて形成されている。

【0024】ここで特徴となる点は、変調器部5の光導波路が曲がり導波路となっていることである。この曲がり導波路の曲率半径は、1~3mmである。変調器部5の長さは、100μm~300μmであり、変調器部5の出射端面では、導波路と端面の角度が、90°を基準に5°以上斜めに傾いた角度となっている。この斜め角度は、7°以上であることがさらに望ましい。

【0025】変調器部5の端面部は、ARコーティング膜26を施してあり、内部はウィンドウ構造となっている。このように、ARコーティング+ウィンドウ構造+斜め導波路を総合して、前端面反射率は0.01%以下に抑制される。

【0026】また、本発明の実施形態の変形例として、曲がり導波路となっている部分を、変調器部5のみならず、遷移領域部6及びDFBレーザ部2にまで拡大することもできる。このときは、DFBレーザ部2の回折格

子3は、光導波路が曲がるにつれ曲がった回折格子とする。変調器部5、遷移領域部6及びDFBレーザ部2を全部足したチップのトータル長は、500~900μmであり、全体の先導波路の曲率半径を2~6mmとする。変調器部5の出射端面は、光導波路と端面とが90°を基準に7°~20°傾いた斜め導波路となっている。

【0027】次に、本実施形態の一実施例について図面を参照して詳細に説明する。

【0028】図1を参照すると、本実施例は、素子は、DFBレーザ部2、遷移領域部6、変調器部5から構成され、それぞれの長さは、400μm、50μm、250μmである。これらはすべて、面方位が(100)のn型InP基板1上にモノリシックに形成されている。DFBレーザ部2では、n型InP基板1上に、ピッチが243nmの回折格子3が形成されている。DFBレーザ部2、遷移領域部6、変調器部5の活性層のバンドギャップ波長は、DFBレーザ部2で1560nm、変調器部5で1470nmであり、遷移領域部6はこれらの間を連続的につなぐものとなっている。

【0029】二酸化シリコン膜22は、DFBレーザ部2と変調器部5で開口しており、その上に、p側電極24が、DFBレーザ部2と変調器部5に、分離されて形成されている。変調器部5の光導波路は、曲率半径2mmの曲がり導波路となっており、出射端面は、7°斜めに傾いている。また、前端面には、窒化シリコン膜からなるARコーティング膜26が施されている。

【0030】次に、本実施例の製造方法について、図2、図3、図4、図1を参照して詳細に説明する。

【0031】最初に、表面の面方位が(100)面のn型InP基板1上の、長さ400μmのDFBレーザ部2に、(011)面に平行な溝がピッチ243nmで並んでいる回折格子3を形成する。次に、間隙が1.8μmの2対の二酸化シリコン膜4のストライプマスクを形成する。この二酸化シリコン膜4の幅は、DFBレーザ部2で10μm、変調器部5で4μmであり、変調器部5の前端部30μmの部分においては、2対の二酸化シリコン膜4が閉じる形状とする。変調器部5の長さは250μmであり、変調器部5とDFBレーザ部2の間には二酸化シリコン膜4の幅が連続的に変化する遷移領域部6が50μmの長さで挿入されている。そして、この二酸化シリコン膜4のストライプは、DFBレーザ部2では[011]方向を向いているが、変調器部5では、曲率半径2mmで曲がった形状とする。二酸化シリコン膜4は、MO-VPE成長での成長阻止マスクとなる。このマスク幅をDFBレーザ部2と変調器部5で変化させることにより、MO-VPEによるMQWの遷移波長を変化させることができる。

【0032】このMO-VPEの選択成長では、InPとInGaAsPのエピタキシャル成長を行うが、原料

7

ガスは、TMI、TMG、 AsH_3 、 PH_3 を用い、有機金属は、水素のバブリングにより供給する。ドーピングについては、適宜、 Si_2H_6 、DMZnを水素で希釈したガスを用いる。また、成長圧力は、100 Torrとする。

【0033】二酸化シリコン膜4形成後、図10のようなMO-VPE選択成長を行う。まず、1.13 μm 組成のn-InGaAsPガイド層7に始まって、n-InPスペーサ層8、1.2 μm 組成のn-InGaAsP SCH層9、歪MQW層10を順次成長する。歪MQW層10は、8層の圧縮歪InGaAsPウェル層11とその間に1.1 μm 組成のInGaAsPバリア層12がある構造となっており、遷移波長は、DFBレーザ部2で1.56 μm 、変調器部5で1.47 μm である。その上に、1.2 μm 組成のInGaAsP SCH層13、InGaAsP中間層14、p-InGaAsP SCH層15、p-InPクラッド層16を成長する。ここで、p側のSCH層を、1.2 μm 組成のInGaAsPからInPまで、徐々にバンドギャップを変えていくことにより、変調器部5で発生したホールキャリアをp側電極24へ速やかに引き抜くようにする。このようにして、図2のような選択成長形状が得られる。MO-VPEでは、(111)B面の成長速度が遅いため、一般に、選択成長側面には、(111)B面が形成されるが、変調器部5出射部のウィンドウ部17の側面は、(111)A面が形成される。

【0034】次に、選択成長リッジ部18の両脇1 μm の二酸化シリコン膜4を除去する。ウィンドウ部17においても全体の幅が等しくなるように、二酸化シリコン膜4を除去する。その上で、p-InP埋込み層19、p-InGaAsPコンタクト層20、p-InGaAsコンタクト層21を成長する。そして、図3のように、リッジ部でない平坦成長部のエピを除去する。

【0035】次に、遷移領域部6のp-InGaAsPコンタクト層20、p-InGaAsコンタクト層21を除去し、DFBレーザ部2、変調器部5の選択成長上面でのみ開口した二酸化シリコン膜22を図4のように形成する。

【0036】次に、ポリイミド23を選択成長の上面が露出するように形成し、p側電極24を、DFBレーザ部2、変調器部5に形成する。次に、裏面研磨を行って、ウェハの厚さを120 μm にしてから、n側電極25を形成する。最後に、端面劈開を行い、図1のように、変調器部5側の端面に窒化シリコン膜のARコーティング膜26を施す。DFBレーザ部2の後端面には、二酸化シリコン膜/アモルファスシリコン膜/二酸化シリコン膜の3層コーティングにより、75%の反射率のHRコーティング膜を施す。

【0037】以上の製造工程を経て、変調器部5の出射端面は、7°の斜め導波路+ウィンドウ構造+ARコー

8

ティングとなる。この結果、トータルの前端面反射率は、0.01%以下に抑えられる。

【0038】以上の実施例においては、InP基板上のInGaAsPの歪MQWの場合について述べたが、もちろん、InGaAlAs系のMQWでも、同様に実施することができる。

【0039】図5は、本発明の第2実施形態を示す斜視図である。

【0040】図5を参照すると、本実施形態は、変調器部5が垂直方向に曲がった曲がり導波路となっている。この場合、同じ曲率半径でもより大きな効果をもたらすことができる。変調器部5の出射部はウィンドウ構造となっており、活性層は(111)A面でとぎれている。したがって、ビームが変調器部5内の活性層からウィンドウ部へ出るとき、斜め導波路となっても、屈折してビームはやや下方向に曲げられる。その上で、導波路を下の方に曲げるため、斜め導波路としての性質はより拡大された形で得られるのである。

【0041】また、下にビームを曲げるため、前端面で反射された光は、n型InP基板1の中の方へ反射される。このため、戻り光が選択成長のリッジ側面で乱反射される懸念がないという利点もある。

【0042】これを製造するときは、最初の工程で、n型InP基板1をエッチングする工程を挿入する。このエッチングにより、変調器部5の部分を曲率半径2mmの形状とする。

【0043】この方法に、さらに、水平方向の曲がり導波路を組み合わせ、より一層の効果を上げることでもできる。

【0044】

【発明の効果】以上説明した本発明による効果は、ウィンドウ構造+ARコーティングに加え、出力端で斜め導波路にすることで、集積デバイスにおいても、変調器部からDFBレーザへの戻り光が、-40dB以下に押さえられるようになったことである。この結果、10Gb/sの光通信においても、200km長距離伝送が可能となった。

【0045】その理由は、伝送距離を制限するチャープニングは、変調器からDFBレーザへの戻り光により、誘起されるからである。戻り光は変調されているため、DFBレーザ内での光密度変動を起こし、これがレーザ発振に寄与しているキャリアのキャリア密度変動を起こし、さらにこのことが活性層の屈折率変動を引き起こす。DFBレーザは、回折格子のピッチと光導波路の等価屈折率で、発振波長が決まっているので、活性層の屈折率変動によって、発振波長の変動、すなわち、チャープニングが発生する。したがって、戻り光を抑制できれば、チャープニングを抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示す斜視図である。

【図2】第1実施形態の製造工程における斜視図である。

【図3】第1実施形態の製造工程における斜視図である。

【図4】第1実施形態の製造工程における斜視図である。

【図5】本発明の第2実施形態を示す斜視図である。

【図6】従来技術を示す斜視図である。

【図7】従来技術の製造工程における斜視図である。

【図8】従来技術の製造工程における斜視図である。

【図9】従来技術の製造工程における斜視図である。

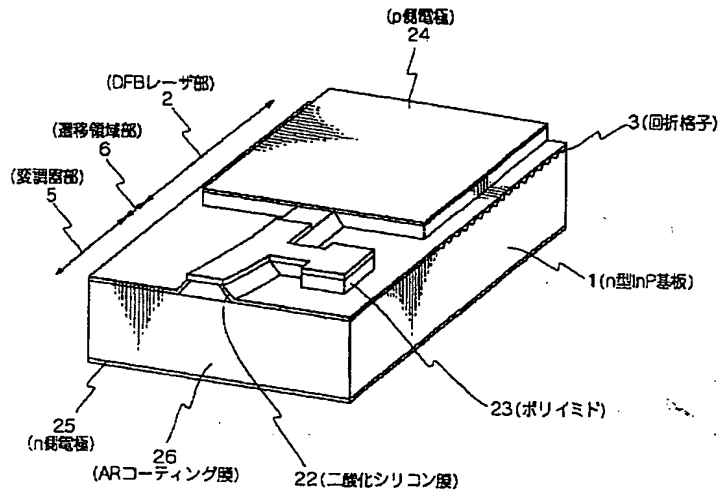
【図10】集積型光変調器の選択成長部の層構造を示す断面図である。

【符号の説明】

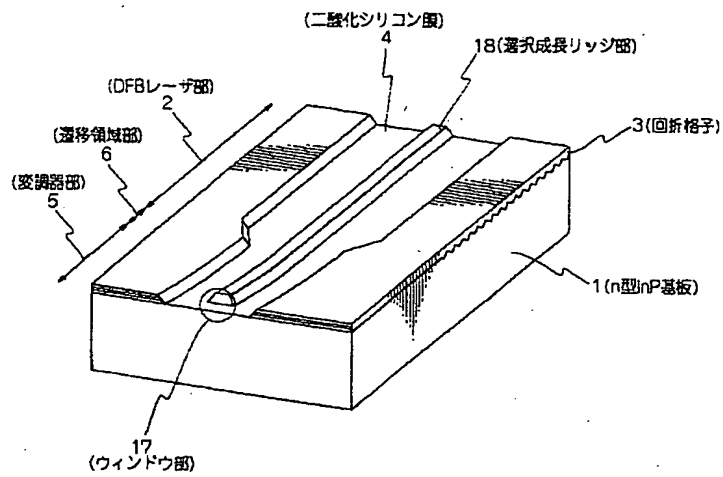
- 1 n型InP基板
- 2 DFBレーザ部
- 3 回折格子
- 4 二酸化シリコン膜
- 5 変調器部
- 6 遷移領域部

- 7 n-InGaAsPガイド層
- 8 n-InPスペーサ層
- 9 n-InGaAsP SCH層
- 10 歪MQW層
- 11 圧縮歪InGaAsPウェル層
- 12 InGaAsPバリア層
- 13 InGaAsP SCH層
- 14 InGaAsP中間層
- 15 p-InGaAsP SCH層
- 16 p-InPクラッド層
- 17 ウィンドウ部
- 18 選択成長リッジ部
- 19 p-InP埋込み層
- 20 p-InGaAsPコンタクト層
- 21 p-InGaAsコンタクト層
- 22 二酸化シリコン膜
- 23 ポリイミド
- 24 p側電極
- 25 n側電極
- 26 ARコーティング膜

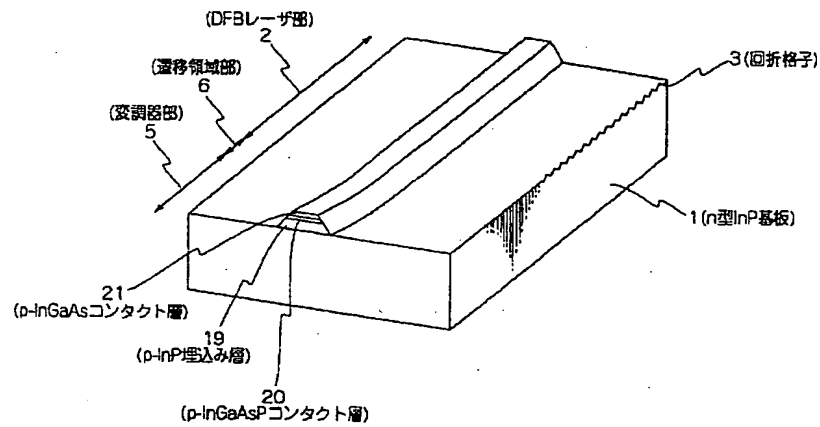
【図1】



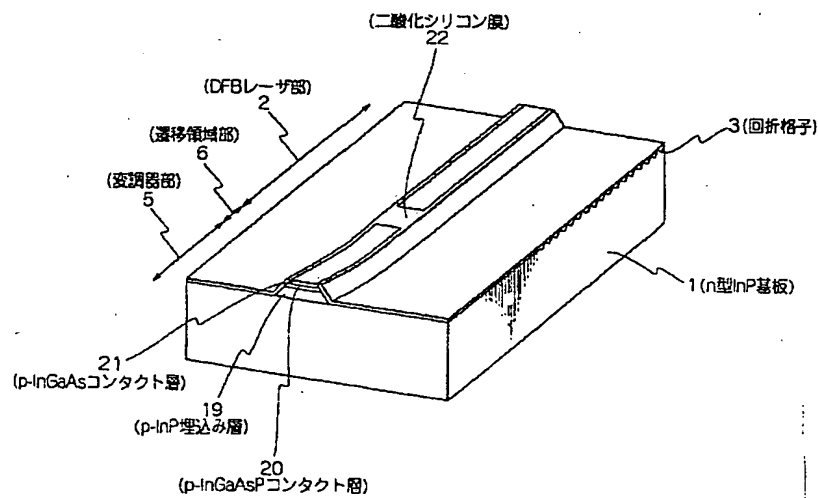
【図2】



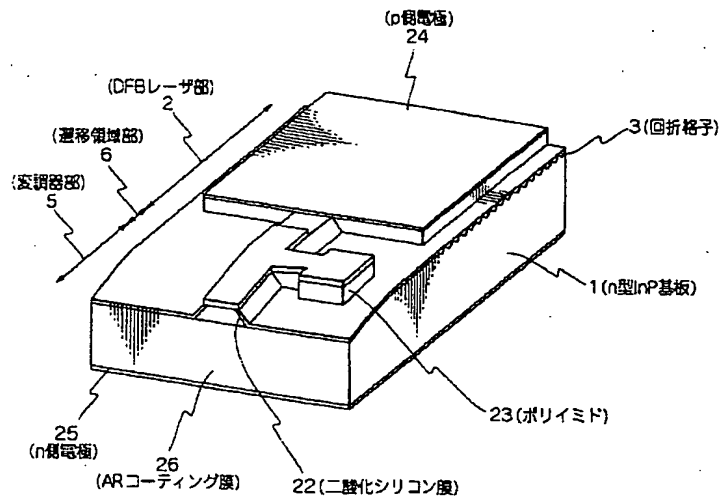
【図3】



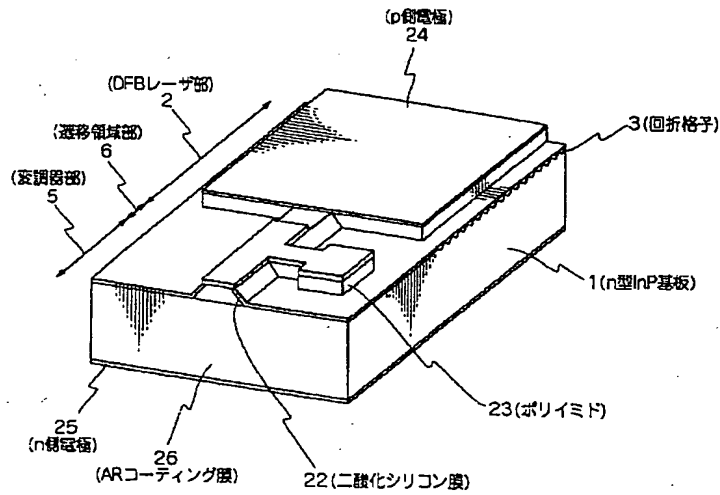
【図4】



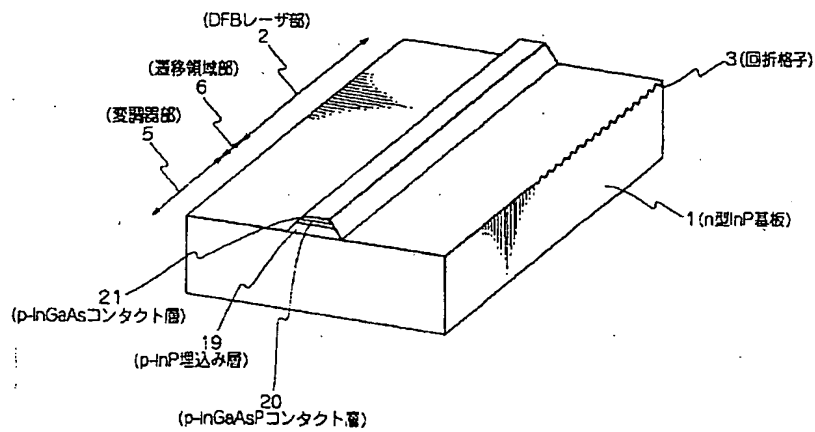
【図5】



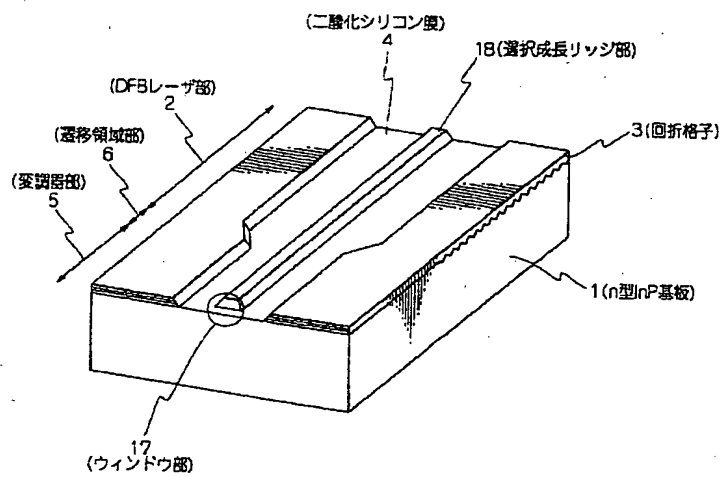
【図6】



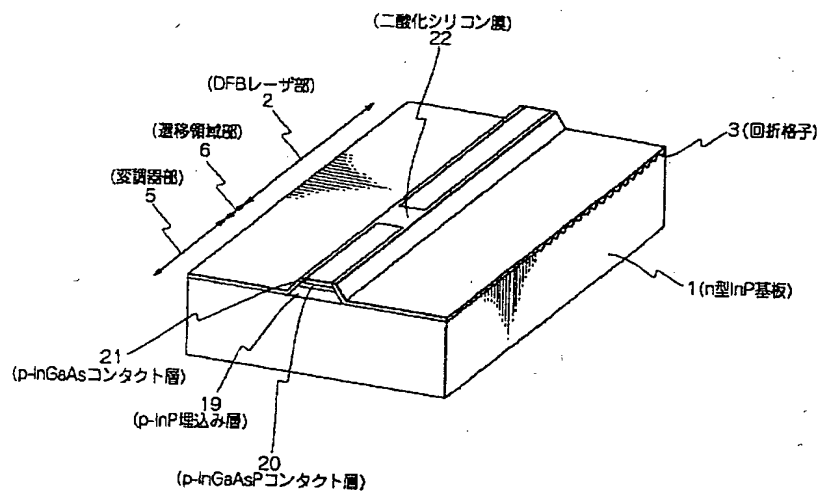
【図8】



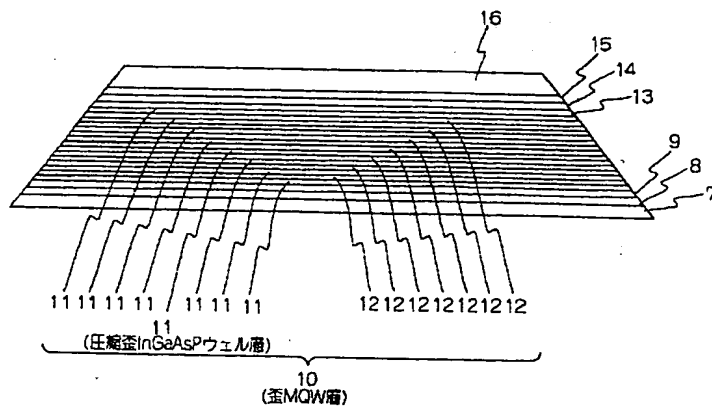
【図7】



【図9】



【図10】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to optical semiconductor devices, such as an accumulated type optical modulator, especially about the optical semiconductor device which has the diffraction cancellus.

[0002]

[Description of the Prior Art] In 40km - 600km fiber-optics-communication long-distance transmission, the light of 1.55 micrometer band of low loss is used. However, since the fiber generally laid is a normal fiber with which variance is set to 0 by 1.3 micrometers, it is influenced of variance with 1.55 micrometer band. In order to influence and carry out influence of variance, it is necessary to stop low, the wavelength spectrum breadth, i.e., the char ping, at the time of a modulation. Then, the external-modulation method made to quench a fixed semiconductor laser light externally is used instead of using the semiconductor laser of a direct modulation.

[0003] Semiconductor laser here is called distributed feedback laser which built in the diffraction grating. Usually, since it is called DFB (Distributed Feedback) laser and oscillation wavelength is decided with a diffraction grating, an oscillation wavelength spectrum serves as a single mode. This oscillation wavelength will be changed in connection with it, if the carrier density of a barrier layer is changed in order to be dependent on the refractive index of the barrier layer of semiconductor laser. Also in an external-modulation method, if light returns from a modulator to semiconductor laser, since a carrier density will swing by fluctuation of the optical density in semiconductor laser, a char ping occurs. In order to prevent this, it is necessary to insert an isolator between semiconductor laser and a modulator. Or a means like "the optical on-the-strength modulation element and the optical on-the-strength modulator" which are indicated by JP,6-11670,A is suggested.

[0004] In recent years, the accumulated type optical modulator which accumulated semiconductor laser and the optical modulator monolithic is developed to such a simple substance modulator. Equipment not only becomes small, but by being accumulated, a loss of the light of the between from semiconductor laser to a modulator is reduced. However, a means for the cure against return light from a modulator fraction to the semiconductor laser section to be more important since it is monolithic, and to give AR coating layer after making the outgoing-radiation end face of a modulator into window structure, in order to usually avoid this is adopted. This for example octavus time International Conference ON Indium Phosphide -- and -- Related one the paper number ThA 2-1 of ***** and Y. -- Sakata and et al. and "Strained MQW-BH-LDs and integrated devices fabricated by selective It is described by MOVPE" etc. (8th Int. Conf. - Indium Phosphide and Related Materials, paperThA2-1 (1996)). Hereafter, with reference to a drawing, it explains in detail.

[0005] If a perspective diagram shows this kind of conventional accumulated type optical modulator, it has become as it is shown in drawing 6. This manufacturing process is shown in drawing 7, the drawing 8, and the drawing 9.

[0006] First, the field azimuth of a front face forms in the DFB-laser section 2 with a length of 400 micrometers on the n type InP substrate 1 of a field (100) the diffraction grating 3 with which the slot parallel to a field (011) is located in a line by pitch 243nm. Next, a clearance forms the stripe mask of two pairs of diacid-ized silicon layers 4 which are 1.8 micrometers. Width of face of this diacid-ized silicon layer 4 is made into the configuration which is 4 micrometers and two pairs of diacid-ized silicon layers 4 close by 10 micrometers and the modulator section 5 in the DFB-laser section 2 in the fraction of 30 micrometers of the edges of the opposite side of the DFB-laser section 2 of the modulator section 5. The length of the modulator section 5 is 250 micrometers, and is inserted between the modulator section 5 and the DFB-laser section 2 by the length whose transition region section 6 from which the width of face of the diacid-ized silicon layer 4 changes continuously is 50 micrometers. This diacid-ized silicon layer 4 serves as the growth prevention mask in an organic-metal vapor growth (henceforth "MO-VPE"). By changing this mask width of face in the DFB-laser section 2 and the modulator section 5, the transition level of the multiplex quantum well structure (hereafter referred to as "MQW".) by MO-VPE can be changed.

[0007] Epitaxial growth with InP and InGaAsP is performed in this selective growth of MO-VPE. At this time, material gas supplies an organic metal by the bubbling of hydrogen using trimethylindium (henceforth "TMI"), trimethylgallium (henceforth "TMG"), an arsine (henceforth AsH₃), and a phosphoretted hydrogen (henceforth "PH₃"). About doping, the gas which diluted a disilane (henceforth "Si₂ H₆") and dimethyl zinc (henceforth "DMZn") with hydrogen is used suitably. Moreover, a growth pressure is set to 100Torr.

[0008] An MO-VPE selective growth is performed by the layer structure as shown in drawing 10 after diacid-ized silicon layer 4 formation. First, it starts in the n-InGaAsP guide layer 7 of 1.13 micrometer composition, and is n-

InGaAsP of 8 or 1.2 micrometers composition of n-InP spacer layers. The SCH layer 9 and the oval MQW layer 10 are grown up one by one. The oval MQW layer 10 has the structure where the eight-layer compressive-strain InGaAsP well layer 11 and InGaAsP barrier layer 12 of 1.2 micrometer composition in the meantime were pinched, and transition wavelength is 1.47 micrometers in 1.56 micrometers and the modulator section 5 in the DFB-laser section 2. InGaAsP of 1.2 micrometer composition moreover The SCH layer 13, the InGaAsP interlayer 14, p-InGaAsP The SCH layer 15 and the p-InP clad layer 16 are grown up. The hole carrier generated by the modulator is quickly drawn out to the p lateral electrode 24 by changing the band gap gradually here from InGaAsP of 1.2 micrometer composition of SCH layer by the side of p to InP. Thus, a selective-growth configuration as shown in drawing 7 is acquired. In MO-VPE, since the growth rate of the Bth (111) page is slow, although the Bth (111) page is formed in the selective-growth side face, generally as for the side face of the window section 17 of the modulator section 5 outgoing-radiation section, the Ath (111) page is formed.

[0009] Next, the diacid-ized silicon layer 4 of 1 micrometer of both the sides of the selective-growth ridge section 18 is removed. The diacid-ized silicon layer 4 is removed so that the whole omission width of face may become equal also in the window section 17. Moreover, the p-InP pad layer 19, the p-InGaAsP contact layer 20, and the p-InGaAs contact layer 21 are grown up. And as shown in drawing 8, **** of flat growth sections other than the ridge section is removed.

[0010] Next, the p-InGaAsP contact layer 20 of the transition region section 6 and the p-InGaAs contact layer 21 are removed, and the diacid-ized silicon layer 22 which carried out opening only on the selective-growth top of the DFB-laser section 2 and the modulator section 5 is formed as shown in drawing 9.

[0011] Next, it forms so that the top of a selective growth may expose a polyimide 23, and the p lateral electrode 24 is formed in the DFB-laser section 2 and the modulator section 5. Next, after performing rear-face polishing and setting thickness of a wafer to 120 micrometers, the n lateral electrode 25 is formed.

[0012] Finally, an end-face cleavage is performed, and as shown in drawing 6, AR coating layer 26 which becomes the end face by the side of the modulator section 5 from a silicon nitride is given. The end face by the side of the DFB-laser section 2 obtains 75% of an end-face reflection factor by three layer coating of a diacid-ized silicon layer / amorphous silicon layer / diacid-ized silicon layer.

[0013] The reflection factor of modulator section 5 end face can be ****ed to 0.04% or less according to the structure of the window section 17+AR coating layer 26 created by the above process. 0.04% or less of a front end side reflection factor, then 500km transmission of 2.48832Gb/s can be performed as described by Aoki of the paper number C-311 of a 1996 electronic-intelligence communication society electronics society convention lecture collected works etc. "the influence which it has on the transmission characteristic of the front end side light reflex in an electric-field absorption type optical-modulator accumulation DFB laser." However, since the influence of a char ping becomes large more in 10Gb/s, in return light suppression of this level, a transmission distance can be lengthened only to about 80km.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In a prior art, the transmission distance of 10Gb/s cannot be lengthened to 80km or more by limit of the wavelength dispersion of an optical fiber. Since the optical density of the barrier layer of a DFB laser is changed, a carrier density changes by this and a refractive index changes with the return light from a modulator to a DFB laser further, the ground is to change the oscillation wavelength of the DFB laser decided with a diffraction grating. Such change will bring bigger influence, if a transmission bit rate approaches a relaxation-oscillation frequency in order to occur on the frequency called relaxation-oscillation frequency which a DFB laser has. Usually, by 10Gb/s transmission, since the relaxation-oscillation frequency of a DFB laser is about 10GHz, if it does not stop a char ping very small, it cannot be transmitted over long distances.

[0015] Moreover, Dispersion Compensation Although there is also a method of compensating variance by inserting Fiber (DCF), equipment large-sized-izes this DCF fiber, and it has the fault of becoming a very big cost rise.

[0016]

[Objects of the Invention] The purpose of this invention reduces occurrence of the char ping by the return light inside an accumulated type optical modulator, and is to realize a high speed and a long distance optical transmission.

[0017]

[Means for Solving the Problem] this invention bends an optical waveguide in the optical semiconductor device which has a diffraction grating, an end face and an optical waveguide are made to become perpendicular, and the angle of an end face and an optical waveguide is made to shift in one end face from a perpendicular in respect of an other end.

[0018] Moreover, in the above-mentioned optical semiconductor device, a modulator and distribution feedback type semiconductor laser are integrated monolithic, and a modulator is arranged to the side to which distribution feedback type semiconductor laser is arranged to the side an optical waveguide and whose end face are perpendicular, and the optical waveguide and the end face lean to it aslant.

[0019] By bending an optical waveguide in the middle of in a chip, an optical waveguide and an end face can be made in one end face, and an optical waveguide and an end face can be perpendicularly made slanting in respect of an other end. In an accumulated type optical modulator, although it is necessary to make the back end side of a uniform grating DFB laser at high reflex, and to make the outgoing-radiation end face by the side of a modulator super-low reflex, it is the technique of inserting such a deflection waveguide, and this unsymmetrical reflex can be

realized. In a slanting waveguide, since the light reflected by the end face does not return to the original waveguide, it can be substantially made low reflex.

[0020] In an accumulated type optical modulator, the return light suppression to a DFB laser serves as a big technical problem from a modulator in connection with improvement in the speed and long-distance-izing. Slanting waveguide-ization by the modulator outgoing-radiation end face described in the top can stop now the return light to a DFB laser from a modulator to 0.01% or less by combining with window structure and AR coating. If return light is stopped to 0.01% or less, the char ping resulting from return light can be disregarded now, and 10Gb/s and 200km transmission will be attained.

[0021] If the radius of curvature is too small when it considers as a deflection waveguide, waveguide loss arises and there is a problem that output power will decline. If this sets radius of curvature to 2mm or more when barrier-layer width of face is 1.5 micrometers or more, and it sets radius of curvature to 5mm or more when barrier-layer width of face is 1 micrometers or more, it will not pose a problem at all.

[0022]

[Embodiments of the Invention] Drawing 1 is a perspective diagram showing the 1st operation gestalt of this invention.

[0023] If drawing 1 is referred to, the element structure of an accumulated type optical modulator is large, it is divided into the DFB-laser section 2, the transition region section 6, and the modulator section 5, and the diffraction grating 3 is formed on the n type InP substrate 1 in the DFB-laser section 2. The barrier layer of the modulator section 5 quenches DFB-laser light by a band gap being small and applying a reverse bias from the barrier layer of the DFB-laser section 2. The transition region section 6 is a field which changes the band gap of a barrier layer continuously. The p lateral electrode 24 is separated and formed in the DFB-laser section 2 and the modulator section 5.

[0024] The point which serves as the characteristic feature here is the optical waveguide of the modulator section 5 bending and having become the waveguide. The radius of curvature of this deflection waveguide is 1-3mm. The length of the modulator section 5 is 100 micrometers - 300 micrometers, and the angle of a waveguide and an end face is the angle which inclined aslant [5 degrees or more] on the basis of 90 degrees in the outgoing-radiation end face of the modulator section 5. As for this slanting angle, it is still desirable that it is 7 degrees or more.

[0025] The end-face section of the modulator section 5 has given AR coating layer 26, and the interior has window structure. Thus, an AR coating + window structure + slanting waveguide is synthesized, and a front end side reflection factor is suppressed to 0.01% or less.

[0026] Moreover, the fraction used as the deflection waveguide is also expandable even not only to the modulator section 5 but the transition region section 6 and the DFB-laser section 2 as a modification of the operation gestalt of this invention. Let the diffraction grating 3 of the DFB-laser section 2 be the diffraction grating turned as the optical waveguide bent at this time. The total length of a chip who all added the modulator section 5, the transition region section 6, and the DFB-laser section 2 is 500-900 micrometers, and sets the radius of curvature of the whole point waveguide to 2-6mm. The outgoing-radiation end face of the modulator section 5 serves as the slanting waveguide to which an optical waveguide and 7 degrees - 20 degrees of end faces inclined on the basis of 90 degrees.

[0027] Next, one example of this operation gestalt is explained in detail with reference to a drawing.

[0028] When drawing 1 is referred to, an element consists of the DFB-laser section 2, the transition region section 6, and the modulator section 5 for this example, and each length is 400 micrometers, 50 micrometers, and 250 micrometers. These are all formed monolithic [a field azimuth] on the n type InP substrate 1 of (100). In the DFB-laser section 2, the diffraction grating 3 whose pitch is 243nm is formed on the n type InP substrate 1. The band-gap wavelength of the barrier layer of the DFB-laser section 2, the transition region section 6, and the modulator section 5 is 1470nm in 1560nm and the modulator section 5 in the DFB-laser section 2, and the transition region section 6 has connected between these continuously.

[0029] Opening of the diacid-ized silicon layer 22 is carried out in the DFB-laser section 2 and the modulator section 5, on it, it separates into the DFB-laser section 2 and the modulator section 5, and the p lateral electrode 24 is formed. The optical waveguide of the modulator section 5 is a deflection waveguide with a radius of curvature of 2mm, and the outgoing-radiation end face leans aslant [7 degree]. Moreover, AR coating layer 26 which consists of a silicon nitride film is given to the front end side.

[0030] Next, the manufacture technique of this example is explained in detail with reference to drawing 2 , the drawing 3 , the drawing 4 , and the drawing 1 .

[0031] First, the field azimuth of a front face forms in the DFB-laser section 2 with a length of 400 micrometers on the n type InP substrate 1 of a field (100) the diffraction grating 3 with which the slot parallel to a field (011) is located in a line by pitch 243nm. Next, a clearance forms the stripe mask of two pairs of diacid-ized silicon layers 4 which are 1.8 micrometers. Width of face of this diacid-ized silicon layer 4 is made into the configuration which is 4 micrometers and two pairs of diacid-ized silicon layers 4 close by 10 micrometers and the modulator section 5 in the DFB-laser section 2 in the fraction of 30 micrometers of the front end sections of the modulator section 5. The length of the modulator section 5 is 250 micrometers, and is inserted between the modulator section 5 and the DFB-laser section 2 by the length whose transition region section 6 from which the width of face of the diacid-ized silicon layer 4 changes continuously is 50 micrometers. And although the stripe of this diacid-ized silicon layer 4 has turned to the [011] orientation in the DFB-laser section 2, it is taken as the configuration turned with the radius of curvature

of 2mm in the modulator section 5. The diacid-ized silicon layer 4 serves as the growth prevention mask in MO-VPE growth. The transition wavelength of MQW by MO-VPE can be changed by changing this mask width of face in the DFB-laser section 2 and the modulator section 5.

[0032] Although InP and InGaAsP are grown epitaxially in this selective growth of MO-VPE, material gas is TMI, TMG, AsH₃, and PH₃. It uses and an organic metal is supplied by the bubbling of hydrogen. About doping, the gas which diluted Si₂H₆ and DMZn with hydrogen is used suitably. Moreover, a growth pressure is set to 100Torr.

[0033] An MO-VPE selective growth as shown in drawing 10 is performed after diacid-ized silicon layer 4 formation. First, it starts in the n-InGaAsP guide layer 7 of 1.13 micrometer composition, and is n-InGaAsP of 8 or 1.2 micrometers composition of n-InP spacer layers. The SCH layer 9 and the oval MQW layer 10 are grown up one by one. The oval MQW layer 10 has the structure with InGaAsP barrier layer 12 of 1.μm composition the eight-layer compressive-strain InGaAsP well layer 11 and between them, and transition wavelength is 1.47 micrometers in 1.56 micrometers and the modulator section 5 in the DFB-laser section 2. InGaAsP of 1.2 micrometer composition moreover The SCH layer 13, the InGaAsP interlayer 14, p-InGaAsP The SCH layer 15 and the p-InP clad layer 16 are grown up. The hole carrier generated in the modulator section 5 is quickly drawn out to the p lateral electrode 24 by changing the band gap gradually here from InGaAsP of 1.2 micrometer composition of SCH layer by the side of p to InP. Thus, a selective-growth configuration as shown in drawing 2 is acquired. In MO-VPE, since the growth rate of the Bth (111) page is slow, although the Bth (111) page is formed in the selective-growth side face, generally as for the side face of the window section 17 of the modulator section 5 outgoing-radiation section, the Ath (111) page is formed.

[0034] Next, the diacid-ized silicon layer 4 of 1 micrometer of both the sides of the selective-growth ridge section 18 is removed. The diacid-ized silicon layer 4 is removed so that the whole width of face may become equal also in the window section 17. Moreover, the p-InP pad layer 19, the p-InGaAsP contact layer 20, and the p-InGaAs contact layer 21 are grown up. And as shown in drawing 3, **** of the flat growth section which is not the ridge section is removed.

[0035] Next, the p-InGaAsP contact layer 20 of the transition region section 6 and the p-InGaAs contact layer 21 are removed, and the diacid-ized silicon layer 22 which carried out opening only on the selective-growth top of the DFB-laser section 2 and the modulator section 5 is formed as shown in drawing 4.

[0036] Next, it forms so that the top of a selective growth may expose a polyimide 23, and the p lateral electrode 24 is formed in the DFB-laser section 2 and the modulator section 5. Next, after performing rear-face polishing and setting thickness of a wafer to 120 micrometers, the n lateral electrode 25 is formed. Finally, an end-face cleavage is performed, and as shown in drawing 1, AR coating layer 26 of a silicon nitride film is given to the end face by the side of the modulator section 5. HR coating layer of 75% of a reflection factor is given the back end side of the DFB-laser section 2 by three layer coating of a diacid-ized silicon layer / amorphous silicon layer / diacid-ized silicon layer.

[0037] Passing through the above manufacturing process, the outgoing-radiation end face of the modulator section 5 serves as 7-degree slanting waveguide + window structure +AR coating. Consequently, a total front end side reflection factor is stopped to 0.01% or less.

[0038] In the above example, although the case of the distortion MQW of InGaAsP on InP substrate was described, of course, it can carry out similarly by MQW of InGaAlAs system.

[0039] Drawing 5 is a perspective diagram showing the 2nd operation gestalt of this invention.

[0040] If drawing 5 is referred to, this operation gestalt serves as the deflection waveguide the modulator section 5 turned perpendicularly. In this case, a bigger effect can be brought also with the same radius of curvature. The outgoing-radiation section of the modulator section 5 has window structure, and the barrier layer is disrupted by the Ath (111) page. Therefore, when a beam comes from the barrier layer in the modulator section 5 to the window section, even if it does not become a slanting waveguide, it is refracted and a beam is bent a little downward. In order to bend a waveguide to the lower one moreover, the property as a slanting waveguide is acquired in the type expanded more.

[0041] Moreover, in order to bend a beam downward, the light reflected in respect of the front end is reflected in the direction in the n type InP substrate 1. For this reason, the advantage that there is no concern reflected irregularly on the ridge side face of a selective growth also has return light.

[0042] When manufacturing this, it is the first process and the process which etches the n type InP substrate 1 is inserted. The fraction of the modulator section 5 is made into a configuration with a radius of curvature of 2mm by this etching.

[0043] Much more effect can also be raised to this technique combining a still horizontal deflection waveguide.

[0044]

[Effect of the Invention] The effect by this invention explained above is making it a slanting waveguide by the outgoing end in addition to window structure +AR coating, and is that the return light to a DFB laser came to be pressed down by -40dB or less from the modulator section also in an accumulation device. Consequently, 200km long-distance transmission was attained also in the optical communication of 10Gb/s.

[0045] The char ping to which the ground restricts a transmission distance is because an induction is carried out from a modulator by the return light to a DFB laser. Since return light is modulated, an optical density change within a DFB laser is caused, carrier density change of the carrier which this has contributed to the laser oscillation is

caused, and this causes refractive-index change of a barrier layer further. DFB lasers are the pitch of a diffraction grating, and the effective refractive index of an optical waveguide, and since oscillation wavelength was decided, change of oscillation wavelength, i.e., a char ping, generates them by refractive-index change of a barrier layer. Therefore, if return light can be suppressed, it will be enabled to suppress a char ping.

[Translation done.]

NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the optical semiconductor device with which the end face of both optical waveguides is an parallel cleavage plane mutually, one aforementioned end face and aforementioned optical waveguide are mutually perpendicular with the semiconductor device, and the aforementioned end face and the aforementioned optical waveguide of another side are mutually characterized by what is not perpendicular in the optical semiconductor device which has the diffraction cancellus.

[Claim 2] The optical semiconductor device to which the optical waveguide is perpendicular to the end face, and an optical waveguide is characterized by what is not perpendicular to the end face in the fraction of the aforementioned optical modulator by the fraction of the aforementioned semiconductor laser in the optical semiconductor device which integrated semiconductor laser and the optical modulator.

[Claim 3] The optical semiconductor device according to claim 2 only the optical waveguide of the fraction of the aforementioned optical modulator has turned.

[Claim 4] The optical semiconductor device according to claim 2 with which the optical waveguide is curving in both the fraction of the aforementioned semiconductor laser, and the fraction of the aforementioned optical modulator.

[Claim 5] The optical semiconductor device according to claim 3 or 4 which has the deflection of the aforementioned optical waveguide in a substrate and a horizontal direction.

[Claim 6] The optical semiconductor device according to claim 3 or 4 which has the deflection of the aforementioned optical waveguide in a substrate and a perpendicular direction.

[Translation done.]